动 物 学 研 究 2002, Feb. 23 (1): 31~38 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research

城市鸟类对斑块状园林栖息地的选择性

陈水华[1], 丁 平[2], 范忠勇[1], 郑光美[3]
(1 浙江自然博物馆, 浙江 杭州 310012, shchen@mail.hz.zj.cn; 2. 浙江大学 生命科学学院, 浙江 杭州 310028; 3. 北京师范大学 生命科学学院, 北京 100875)

摘要: 园林因在城市中呈斑块状分布而具有许多岛屿栖息地的特性, 其内部结构和景观水平的结构同时也受到城市化的影响。对杭州市 20 个园林中鸟类物种的选择性分布进行了调查和分析, 重点探讨了鸟类物种与园林面积、内部结构、微栖息地类型的分布、景观水平的结构、人为干扰等栖息地因素的关系。结果表明, 杭州城市鸟类对园林栖息地具有较强的选择性, 这不仅与园林的面积有关, 还与园林的形状、植被盖度、微栖息地类型、连通性、隔离度、周围用地以及人为干扰等多种因素密切相关。园林栖息地间的异质性以及鸟类物种与栖息地结构的密切关系是园林鸟类选择性分布的主要原因。

关键词: 鸟类; 园林; 栖息地; 选择性
中图分类号: Q969.7; Q958.1; Q16; X173 **文献标识码**: A **文章编号**: 0254-5853(2002)01-0031-08

Selectivity of Birds to Urban Woodlots

CHEN Shui-hua[1], DING Ping[2], FAN Zhong-yong[1], ZHENG Guang-mei[3]
(1 *Zhejiang Museum of Natural History, Hangzhou* 310012, *China*, *shchen@mail.hz.zj.cn*; 2. *College of Life Science, Zhejiang University, Hangzhou* 310028, *China*; 3. *College of Life Science, Beijing Normal University, Beijing* 100875, *China*)

Abstract: Urban woodlots are isolated as patches in urban matrix and possess the features of "habitat island". Moreover, their interior structures and landscape level structures are greatly modified by urbanization. We analyzed the relationships between the bird distribution and woodlot area, interior structures, distributions of microhabitat types, landscape level structures and human disturbance in 20 woodlots in Hangzhou city area. 14 habitat variables and 14 microhabitat types were selected to test the relationships between the bird and habitat by Multivariate Regression Analysis and Correlation Analysis. The results indicate that bird species have a strong selectivity to the urban woodlots in Hangzhou, which is significantly correlated to not only the woodlot area but also many other habitat factors, such as the patch shape, vegetation density, microhabitat distribution, connectedness, isolation, surrounding land-use and human disturbance etc. It is the heterogeneity among the woodlots and the close association between the bird and habitat that result in the birds' selective distributions. The results also indicate the importance of the conservation of special habitat and habitat diversity in maintenance of regional biodiversity.

Key words: Bird; Urban woodlot; Habitat; Selectivity

园林是城市地区重要的绿化林地, 也是居民的主要休闲娱乐场所, 更是城市鸟类的重要栖息地带。园林在城市中往往呈斑块状分布, 对于鸟类来说犹如一座座"栖息地岛屿", 其岛屿状特性势必对鸟类的分布产生影响。另一方面, 城市园林由于受城市化的影响, 具有许多不同于自然林地的特征: ①植被多为人工种植, 不同时期的园林在林木盖度、高度、树种多样性、树高多样性等方面差异较大; ②出于游人活动的需要, 园林植被在垂直结构上多数缺乏灌木层和草本层; ③园林中大多有水域、裸地、草地、建筑、矮林区和高林区 (杨赉丽, 1995), 在水平空间上具有较高的微景观异质性; ④游人的干扰比较频繁; ⑤大多位于城区之中, 被城市建筑包围, 城市建筑区作为园林栖息地

收稿日期: 2001-09-12; 接受日期: 2001-11-02
基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30070131)

岛屿的底模、对园林鸟类群落也可能存在影响(Sisk *et al*., 1997)。园林鸟类自古以来为人们所珍爱、并成为园林的主要风景之一，因而早已引起了生态学家的关注(Nicholson, 1951; Simms, 1975; Goode, 1986)。现有的研究内容主要集中在园林鸟类群落的组成和多样性分析方面(Cicero, 1989)，少数研究分析了鸟类群落与园林大小和内部植被结构的关系(Gavareski, 1976)，但很少涉及园林的特征结构和景观水平的结构。作者拟在分析杭州城市园林的结构特征，特别是栖息地岛屿特性以及城市化影响的基础上，对园林鸟类的选择性分布进行深入的分析和探讨。这对于研究鸟类、栖息地和人类三者的关系、特别是对于城市生态建设和城市自然保护具有一定的参考价值。

1 研究方法

1.1 园林样地及栖息地变量的选取

在杭州市区共选择各类斑块状公园和林地20个，包括旅游公园(植物园、动物园、花港观鱼、曲院风荷、柳浪闻莺、虎跑公园、小瀛洲、湖心亭)、居民区公园(老年公园、墅园、朝晖公园、紫荆公园、横河公园)、斑块状小山林(宝石山、孤山)、市区绿化林(武林广场绿化林、少年宫广场绿化林)、苗圃(园文局苗圃、华丰苗圃)和自然林(庆隆荒林)。这些园林在大小、形状、林木盖度和高度、结构多样性、人为干扰和隔离度等方面差异较大。

每一园林选取可能影响鸟类分布的特征变量14个(表1)。较大园林的面积和周长通过地图测定，小园林则通过步行丈量求得。形状用形状指数表示，表示为园林的周长除以相同面积圆的周长，它可以反映出斑块的边界比；形状指数越大，边界比越高，形状越不规则。林木树冠层密度、灌木层密度、地表草本层密度通过目测估计，分为5个等级(1~5)；1表示无植被，5表示有浓密的植被。由于各植被层在整个园林中的分布往往并不均匀，所以将整个园林分为几个区，先估计每一区该植被层的等级，然后根据每一区的等级分(1~5)及每一区所占的比例，计算该植被层在整个园林中的综合分，计算公式为(Bellamy *et al*., 1996)：

$$D = \sum_{s=1}^{5} P_s S$$

其中D为盖度，P_s为每一等级分S所占的比例。微栖息地数量反映了园林中微栖息地的丰富度以及在水平和垂直结构上的多样性。为了分析园林结构的异质性和多样性，我们确定14种园林内的微栖息地类型：1. 阔叶林、2. 针叶林、3. 针阔混交林、4. 浓密灌丛、5. 稀疏灌丛、6. 矮树林(高<2.5m)、7. 中树

表1 杭州城市园林栖息地变量

Table 1 Measured variables of woodlots described in Hangzhou city

变量 variable	缩写代码 Abbreviation	值域 Range of values		
		最小值 Min.	中值 Median	最大值 Max.
结构 Structure				
1 面积 Area (hm^2)	*A*	0.52	6.00	92.16
2 形状指数 Shape index (S = Perimeter/$2\pi A$)	*S*	1.03	1.27	3.39
3 树冠层平均高度 Average height of canopy layer (m)	*H*	2	6	9
4. 树冠层密度 Density of canopy layer	*CD*	1.57	3.40	5.00
5. 灌木层密度 Density of shrub layer	*SD*	1.00	2.36	4.55
6. 草本层密度 Density of grass layer	*GD*	1.00	3.22	5.00
7. 微栖息地类型数量 Number of microhabitat types	*NM*	3	7	13
连通性 Connectedness				
8. 相连行道树带数量 Number of street tree strips connected to woodlot	*NS*	0	2	12
隔离度 Isolation				
9. 0.5 km 范围内林地面积 Area of woodland within 0.5 km (hm^2)	0.5*A*	0.00	7.50	40.00
10. 1.0 km 范围内林地面积 Area of woodland within 1.0 km (hm^2)	1.0*A*	0.50	25.00	130.00
周围用地 Surrounding land-use				
11 周长与开阔地相接的百分比 Percentage of perimeter adjacent to open land	%*L*	0	0	70
12. 周长与建筑相接的百分比 Percentage of perimeter adjacent to building	%*B*	0	30	100
13. 周长与水域相接的百分比 Percentage of perimeter adjacent to water	%*W*	0	0	100
干扰 Disturbance				
14. 人为干扰 Human disturbance (person/hm^2)	*HD*	0.25	20.25	82.00

林(2.5 m＜高＜5 m)、8. 高树林(高＞5 m)、9. 苗圃、10. 菜地、11. 低洼湿地(平均深度＜0.5 m，一般为水田或低洼积水)、12. 水塘或河流、13. 建筑、14. 山林。确定微栖息地类型的依据标准是园林栖息地结构的特征，如阔叶林、针叶林、针阔混交林所反映的是园林植被不同的盖度或者说郁蔽度特征，矮、中、高树林反映的是园林植被的不同高度特征；如一林地既是阔叶林，也是高树林，则该林地同时包含了阔叶林和高树林2种微栖息地类型。相连行道树带数量用以衡量园林的连通性。隔离度通过园林周长0.5 km和1 km范围内林地的面积表示，它们根据地图测量及在实地调查中估测求得。园林多数为建筑、开阔地和水域所包围，它们与园林周长相接的百分比同样作为可能影响鸟类分布的变量之一。人为干扰是城市化的重要特征，其数值通过先求出每次调查所记录的园林中的平均人数，然后再计算每公顷人数而得到。

1.2　鸟类调查

在鸟类迁徙季节的4、5、10、11月，每园林每月调查2次，其他月份每月调查1次。每园林全年共调查16次。鸟类调查一般选择晴朗无风的日子，在凌晨至上午10点之间进行。根据眼见和耳听记录园林中鸟类的种类和数量，从园林上空飞过的鸟类不计在内。调查时间不限，以足够把整个园林扫描1遍并尽可能记录到全部种类和个体为宜。最大的园林宝石山由2人分开同时记录，其他园林每次由1人调查。

1.3　鸟类与栖息地关系分析

首先列出所记录鸟类的出现频次和数量特征。根据鸟类在20个园林16次调查累积出现的频次，可把杭州市园林鸟类分为常见种（≥20）、少见种（6～19）、稀有种（2～5）和偶见种（1）。将20个园林按面积分成4组：1组平均面积为0.5～2 hm^2（$N=5$：湖心亭、紫荆公园、少年宫广场绿化林、武林广场绿化林、横河公园），2组为2.1～9 hm^2（$N=6$：墅园、朝晖公园、老年公园、庆隆荒林、虎跑公园、小瀛洲），3组为10～25 hm^2（$N=5$：曲院风荷、园文局苗圃、柳浪闻莺、华丰苗圃、花港观鱼），4组为＞25 hm^2（$N=4$：动物园、孤山、植物园、宝石山）。

求出每组园林鸟类（基于可信度，仅计算常见种和少见种）的平均密度，再将所列鸟类的平均密度与4组园林的平均面积（ln）进行直线回归，求得两者的相关系数。相关系数的值反映了鸟类的数量分布与园林面积的关系。相关系数为正者，表示此鸟类常见于大斑块的园林中，相关系数为负者，常见于小斑块的园林中。面积可能仅是影响鸟类分布的因素之一。

将鸟类（仅分析常见种和少见种）的数量分布特征与包括面积在内的14个栖息地变量进行多元回归，综合分析影响鸟类分布的主要因子；将鸟类的数量分布特征与微栖息地类型在园林中的分布特征进行相关分析，以反映鸟类分布与园林中微栖息地类型分布的关系。

2　结果与分析

2.1　园林鸟类群落的组成特征

表2为全年在各园林中观察到的82种鸟类，其中有留鸟32种，夏候鸟13种，冬候鸟23种，旅鸟14种；雀形目鸟类67种，非雀形目鸟类15种。82种鸟类中，出现频次排在前10位的是：麻雀、白头鹎、大山雀、乌鸫、珠颈斑鸠、白鹡鸰、棕头鸦雀、红头长尾山雀、暗绿绣眼鸟和黄眉柳莺。共有常见种24种，少见种23种，稀有种18种，偶见种17种。表2中鸟类的总数量是320次调查中同种鸟类的数量和，它基本上反映了杭州市园林中不同鸟类的数量特征。总数量排在前10位的鸟类是：白头鹎、麻雀、大山雀、乌鸫、棕头鸦雀、红头长尾山雀、暗绿绣眼鸟、珠颈斑鸠、黄腹山雀和斑鸫，它们属于数量优势种。鸟类出现的频次和数量并不一致，这和该鸟类的集群性有关。集群程度高的鸟类，如黄腹山雀、黑鹎、夜鹭和灰头鸦雀等，出现频次比总数量低得多；而集群程度较低，一般单独或成对活动的鸟类，如红胁蓝尾鸲、北红尾鸲、鹊鸲、虎纹伯劳、棕背伯劳、棕褐短翅莺、虎斑地鸫、灰鹡鸰、斑啄木鸟、斑头鸺鹠、寿带和翠鸟等，出现频次接近总数量。

2.2　鸟类对栖息地斑块面积的反应

将所记录的20个园林全年的物种数与其面积进行曲线拟合，求得物种数和面积的关系式为：$S=10.6574A^{0.3669}$，其中S为物种数，A为面积。物种数和面积的关系显示，园林鸟类群落的物种数随园林面积的增大而增大。这一关系在很大程度上取决于鸟类物种对所在栖息地斑块面积的反应。表3所列的47种鸟类中，平均密度与斑块面积呈正相关的有26种，占55.3%，其中红嘴蓝鹊的平均密

表 2 杭州市园林鸟类名录、出现频次及数量

Table 2 The list of bird species recorded in Hangzhou urban woodlots and their occurrence and abundance

物种 Species	频次 Occurrence	总数量 Abundance	物种 Species	频次 Occurrence	总数量 Abundance
麻雀 *Passer montanus*	294	7284	黄眉鹀 *Emberiza chrysophrys*	6	47
白头鹎 *Pycnonotus sinensis*	290	7999	田鹀 *Emberiza rustica*	6	38
大山雀 *Parus major*	208	3396	黄腰柳莺 *Phylloscopus proregulus*	6	35
乌鸫 *Turdus merula*	178	1420	灰鹡鸰 *Motacilla cinerea*	6	6
珠颈斑鸠 *Streptopelia chinensis*	118	762	褐柳莺 *Phylloscopus fuscatus*	6	8
白鹡鸰 *Motacilla alba*	105	330	斑啄木鸟 *Dendrocopos major*	6	9
棕头鸦雀 *Paradoxornis webbianus*	86	1072	灰头鸦雀 *Paradoxornis gularis*	5	103
红头长尾山雀 *Aegithalos concinnus*	65	936	黄眉姬鹟 *Ficedula narcissina*	5	13
暗绿绣眼鸟 *Zosterops japonica*	55	777	灰胸竹鸡 *Bambusicola thoracica*	5	12
黄眉柳莺 *Phylloscopus inornatus*	53	259	翠鸟 *Alcedo atthis*	4	4
红胁蓝尾鸲 *Tarsiger cyanurus*	52	180	北灰鹟 *Muscicapa dauurica*	4	8
斑鸫 *Turdus naumanni*	48	576	黄腹柳莺 *Phylloscopus affinis*	3	7
红嘴蓝鹊 *Urocissa erythrorhyncha*	46	244	强脚树莺 *Cettia fortipes*	3	8
树鹨 *Anthus hodgsoni*	39	219	锡嘴雀 *Coccothraustes coccothraustes*	3	8
棕背伯劳 *Lanius schach*	37	68	绿翅短脚鹎 *Hypsipetes mcclellandii*	3	14
家燕 *Hirundo rustica*	36	248	灰椋鸟 *Sturnus cineraceus*	3	27
灰背鸫 *Turdus hortulorum*	28	112	白腰文鸟 *Lonchura striata*	3	9
黄腹山雀 *Parus venustulus*	26	726	大嘴乌鸦 *Corvus macrorhynchus*	2	2
喜鹊 *Pica pica*	25	97	冠纹柳莺 *Phylloscopus reguloides*	2	10
鹊鸲 *Copsychus saularis*	25	36	普通鵟 *Buteo buteo*	2	2
黑尾蜡嘴雀 *Eophona migratoria*	24	331	寿带 *Terpsiphone paradisi*	2	3
北红尾鸲 *Phoenicurus auroreus*	22	36	山鹡鸰 *Dendronanthus indicus*	2	2
灰头鹀 *Emberiza spodocephala*	22	106	红尾水鸲 *Rhyacornis fuliginosus*	2	3
白腹鸫 *Turdus pallidus*	21	99	池鹭 *Ardeola bacchus*	2	3
燕雀 *Fringilla montifringilla*	19	193	斑头鸺鹠 *Glaucidium cuculoides*	1	1
白眉鹀 *Emberiza tristrami*	17	162	灰卷尾 *Dicrurus leucophaeus*	1	1
发冠卷尾 *Dicrurus hottentottus*	15	72	黑枕黄鹂 *Oriolus chinensis*	1	3
黑鹎 *Hypsipetes madagascariensis*	15	413	扇尾沙锥 *Gallinago gallinago*	1	1
短翅树莺 *Cettia diphone*	15	52	白胸苦恶鸟 *Amaurornis phoenicurus*	1	1
白眉姬鹟 *Ficedula zanthopygia*	14	22	白腰草鹬 *Tringa ochropus*	1	1
小鹀 *Emberiza pusilla*	14	88	黑鸢 *Milvus migrans*	1	1
金腰燕 *Hirundo daurica*	13	69	黄鹡鸰 *Motacilla flava*	1	1
极北柳莺 *Phylloscopus borealis*	12	46	棕噪鹛 *Garrulax poecilorhynchus*	1	2
棕褐短翅莺 *Bradypterus luteoventris*	12	19	红喉姬鹟 *Ficedula parva*	1	1
八哥 *Acridotheres cristatellus*	12	37	乌灰鸫 *Turdus cardis*	1	1
虎纹伯劳 *Lanius tigrinus*	11	25	红隼 *Falco tinnunculus*	1	1
夜鹭 *Nycticorax nycticorax*	10	165	大拟啄木鸟 *Megalaima virens*	1	1
银喉长尾山雀 *Aegithalos caudatus*	9	63	黑领椋鸟 *Sturnus nigricollis*	1	1
画眉 *Garrulax canorus*	9	32	绿鹭 *Butorides striatus*	1	1
虎斑地鸫 *Zoothera dauma*	8	11	栗背短脚鹎 *Hypsipetes castanonotus*	1	2
黄喉鹀 *Emberiza elegans*	8	41	丝光椋鸟 *Sturnus sericeus*	1	1

度与面积显著正相关，白眉鹀极显著正相关；正相关系数较大的鸟类还有红头长尾山雀、灰背鸫、白腹鸫、发冠卷尾、黑鹎、白眉姬鹟、画眉、黄眉鹀等，它们主要出现在较大的园林中，多数是大园林的特征种。与斑块面积呈负相关的有 21 种，占 44.7%，其中白头鹎和鹊鸲的平均密度与面积显著负相关，极北柳莺极显著负相关；负相关系数较大的鸟类还有麻雀、白鹡鸰、黄眉柳莺、燕雀、家燕、金腰燕、北红尾鸲、虎斑地鸫等，它们是小园林中的常见鸟类。有一些鸟类的平均密度与面积的相关性较小，如棕背伯劳、黄腹山雀、灰头鹀、短翅树莺、夜鹭等，这些鸟类要么普遍地出现在不同面积的园林中，要么在一定程度上随机地出现在不同面积的园林中。

2.3 鸟类与栖息地的密切联系

假如同时考虑其他可能影响鸟类分布的因素，则面积对于大多数鸟类已不再是主要的影响因子（表 4）。从园林物种数的影响因子可以看出，园林鸟类的物种数除受面积的影响外，还受到微栖息地的丰富程度正的影响以及人为干扰负的影响。具体到鸟类物种也是如此。与面积（ln*A*）依然存在显著回归关系的鸟类有：小鹀、黑鹎、鹊鸲、发冠卷

表 3　杭州市园林鸟类在 4 组园林中的平均密度及其与园林面积的相关性

Table 3　Average densities of the birds in four groups of Hangzhou urban woodlots and corelations between the average density and area

物种 Species	平均密度 Average density (individual/hm²)				平均密度与面积 (ln*A*) 的相关系数 Correlation coefficient between average density and area (ln*A*)
	1 组 Group 1	2 组 Group 2	3 组 Group 3	4 组 Group 4	
麻雀 *Passer montanus*	21.118	5.132	1.933	1.142	-0.892
白头鹎 *Pycnonotus sinensis*	5.152	4.575	2.181	1.032	-0.976*
大山雀 *Parus major*	0.616	1.052	0.855	0.883	0.448
乌鸫 *Turdus merula*	0.465	0.353	0.630	0.273	-0.185
珠颈斑鸠 *Streptopelia chinensis*	0.126	0.205	0.280	0.126	0.206
白鹡鸰 *Motacilla alba*	0.222	0.122	0.163	0.028	-0.866
棕头鸦雀 *Paradoxornis webbianus*	0.041	0.252	0.361	0.138	0.436
红头长尾山雀 *Aegithalos concinnus*	0	0.154	0.179	0.192	0.891
暗绿绣眼鸟 *Zosterops japonica*	0.176	0.194	0.121	0.132	-0.782
黄眉柳莺 *Phylloscopus inornatus*	0.178	0.126	0.064	0.055	-0.983
红胁蓝尾鸲 *Tarsiger cyanurus*	0.042	0.052	0.041	0.039	-0.532
斑鸫 *Turdus naumanni*	0.131	0.100	0.288	0.085	0.134
红嘴蓝鹊 *Urocissa erythrorhyncha*	0	0.004	0.052	0.081	0.957*
树鹨 *Anthus hodgsoni*	0	0.085	0.100	0.022	0.278
棕背伯劳 *Lanius schach*	0	0.055	0.035	0.002	-0.021
家燕 *Hirundo rustica*	1.165	0.171	0.071	0.009	-0.865
灰背鸫 *Turdus hortulorum*	0.024	0.003	0.026	0.047	0.631
黄腹山雀 *Parus venustulus*	0.169	0.021	0.051	0.174	0.017
喜鹊 *Pica pica*	0	0.010	0.072	0.001	0.302
鹊鸲 *Copsychus saularis*	0.104	0.059	0.006	0.002	-0.977*
黑尾蜡嘴雀 *Eophona migratoria*	0.161	0.358	0.037	0.032	-0.600
北红尾鸲 *Phoenicurus auroreus*	0.043	0.009	0.013	0.003	-0.857
灰头鹀 *Emberiza spodocephala*	0.013	0.046	0.050	0.006	-0.026
白腹鸫 *Turdus pallidus*	0.009	0.002	0.016	0.019	0.761
燕雀 *Fringilla montifringilla*	0.169	0.046	0.039	0.041	-0.818
白眉鹀 *Emberiza tristrami*	0	0.015	0.028	0.038	0.998**
发冠卷尾 *Dicrurus hottentottus*	0	0	0.008	0.014	0.941
黑鹎 *Hypsipetes madagascariensis*	0	0.017	0	0.090	0.711
短翅树莺 *Cettia diphone*	0.009	0.002	0.001	0.011	0.040
白眉姬鹟 *Ficedula zanthopygia*	0	0.002	0.007	0.003	0.716
小鹀 *Emberiza pusilla*	0	0.011	0.048	0.003	0.332
金腰燕 *Hirundo daurica*	0.117	0.019	0.039	0	-0.834
极北柳莺 *Phylloscopus borealis*	0.031	0.025	0.013	0.006	-0.990**
棕褐短翅莺 *Bradypterus luteoventris*	0	0.004	0.005	0.002	0.562
八哥 *Acridotheres cristatellus*	0	0.009	0.025	0.001	0.269
虎纹伯劳 *Lanius tigrinus*	0	0.012	0.009	0.002	0.131
夜鹭 *Nycticorax nycticorax*	0	0.046	0.003	0.020	0.097
银喉长尾山雀 *Aegithalos caudatus*	0	0.012	0.059	0	0.289
画眉 *Garrulax canorus*	0	0	0	0.004	0.726
虎斑地鸫 *Zoothera dauma*	0.008	0.003	0.004	0.001	-0.893
黄喉鹀 *Emberiza elegans*	0	0.073	0.003	0.004	-0.207
黄眉鹀 *Emberiza chrysophrys*	0	0	0.005	0.008	0.940
田鹀 *Emberiza rustica*	0	0.035	0.013	0.004	-0.052
黄腰柳莺 *Phylloscopus proregulus*	0.026	0	0.010	0.005	-0.625
灰鹡鸰 *Motacilla cinerea*	0	0	0.004	0.001	0.428
褐柳莺 *Phylloscopus fuscatus*	0	0.018	0.004	0	-0.201
斑啄木鸟 *Dendrocopos major*	0	0	0.005	0.001	0.516

1 组、2 组、3 组、4 组的园林数量分别为 5、6、5、4 个，园林面积分别为 0.5~2、2.1~9、10~25、>25 hm²。

Woodlot numbers of group 1, 2, 3 and 4 are 5, 6, 5 and 4, and their areas are 0.5-2, 2.1-9, 10-25 and >25 hm² respectively.

尾、虎纹伯劳、棕褐短翅莺和画眉。鹊鸲常见于小园林中，而小鹀、黑鹎、鹊鸲、发冠卷尾、虎纹伯劳、棕褐短翅莺和画眉则常见于大园林中。较之于园林面积，其他鸟类更主要地受到其他栖息地变量的影响。随着形状指数的增大，园林的边界比增加，鹊鸲密度显著减少，而绝大多数鸟类与园林的形状关系不大。褐柳莺偏爱树木高大的园林，而虎纹伯劳偏爱树木低矮的园林。乔木层密度的增加可导致白腹鸫、喜鹊和小鹀密度的降低。白眉鹀、黄眉鹀、白腹鸫、黄腹山雀、短翅树莺、八哥和画眉

表 4 杭州市园林鸟类物种及其丰富度与 14 个栖息地变量的回归模型以及物种分布与微栖息地类型的相关性

Table 4 The models of multiple regressions between species richness and 14 variables in Hangzhou urban woodlots, and the results of correlation analysis of the distributions between bird species and microhabitat types

物种 Species	多元回归模型 Multiple regression model	与物种分布呈显著相关的微栖息地类型 Microhabitat type significantly correlated with species distribution
物种丰富度 Species richness	7.759 + 1.748(*NM*) − 0.122(*HD*) + 3.644(ln*A*)	
树鹨 *Anthus hodgsoni*	−0.119 + 0.039(0.5*A*) + 0.028(%*L*)	9**, 11*, 10*, 12*
白眉鹀 *Emberiza tristrami*	−1.297 + 0.295(*NS*) + 0.338(*SD*)	3*, 14*
棕背伯劳 *Lanius schach*	0.162 + 0.012(%*L*) + 0.028(0.5*A*) − 0.005(1.0*A*) − 0.064(*NS*)	11**
极北柳莺 *Phylloscopus borealis*	−0.007 + 0.052(*NS*)	2**, 8**, 9**, 14*
红嘴蓝鹊 *Urocissa erythrorhyncha*	−0.683 + 0.013(1.0*A*) + 0.224(*NS*)	2**, 3**, 4**, 14*
白腹鸫 *Turdus pallidus*	−0.232 + 0.271(*NS*) + 0.278(*SD*) − 0.297(*CD*)	14**, 3*
燕雀 *Fringilla montifringilla*	−1.273 + 0.239(*NM*)	3**, 2*, 4*, 8*, 14*
喜鹊 *Pica pica*	0.692 + 0.092(0.5*A*) − 0.262(*CD*) − 0.010(1.0*A*) − 0.236(*NS*) + 0.009(%*B*)	11**
黄腹山雀 *Parus venustulus*	−6.931 + 1.608(*NS*) + 1.620(*SD*)	3**, 14**, 4*
灰头鹀 *Emberiza spodocephala*	0.179 + 0.023(%*L*)	11**
黄眉鹀 *Emberiza chrysophrys*	−0.487 + 0.123(*NS*) + 0.099(*SD*)	14**, 3*
黄喉鹀 *Emberiza elegans*	−0.154 + 0.016(%*L*) + 0.060(*NS*)	11*
田鹀 *Emberiza rustica*	0.056 + 0.009(%*L*)	11**
小鹀 *Emberiza pusilla*	1.231 + 0.455(ln*A*) − 0.457(*CD*) − 0.009(1.0*A*) + 0.023(0.5*A*)	11**, 9*
黑鹎 *Hypsipetes madagascariensis*	−7.80 − 1.368(ln*A*) + 0.060(%*B*) + 1.541(*GD*)	14**, 3*
鹊鸲 *Copsychus saularis*	−0.103 + 0.002(%*B*) + 0.067(*NM*) − 0.11(ln*A*) − 0.155(*S*)	
发冠卷尾 *Dicrurus hottentottus*	−0.469 + 0.145(*NM*) + 0.148(ln*A*)	14**, 2*, 3*, 4*
短翅树莺 *Cettia diphone*	−0.537 + 0.120(*NS*) + 0.170(*SD*) − 0.002(1.0*A*)	14**, 3**
白眉姬鹟 *Ficedula zanthopygia*	−0.169 + 0.019(*NM*) + 0.018(*NS*) + 0.001(%*W*)	2**, 3**, 9**, 4*, 8*, 14*
斑啄木鸟 *Dendrocopos major*	−0.005 + 0.0005(1.0*A*)	2*, 8*
虎斑地鸫 *Zoothera dauma*	0.003 + 0.0005(1.0*A*)	
虎纹伯劳 *Lanius tigrinus*	0.138 + 0.062(ln*A*) − 0.033(*H*)	9*, 11*
灰鹡鸰 *Motacilla cinerea*	0.011 + 0.001(%*L*)	11**, 9*
黄腰柳莺 *Phylloscopus proregulus*	−0.268 + 0.048(*NM*)	2*, 8*, 9*, 14*
银喉长尾山雀 *Aegithalos caudatus*	−0.048 + 0.004(1.0*A*)	
夜鹭 *Nycticorax nycticorax*	−1.169 + 0.586(*NS*)	14*
褐柳莺 *Phylloscopus fuscatus*	−0.04 + 0.012(*H*)	8*
棕褐短翅莺 *Bradypterus luteoventris*	−0.035 + 0.09(ln*A*) − 0.001(1.0*A*)	9*, 14*
八哥 *Acridotheres cristatellus*	−0.869 + 0.02(%*B*) − 0.071(*NS*) + 0.011(1.0*A*) + 0.01(%*W*) − 0.210(*NM*) − 0.009(*HD*) + 0.444(*SD*)	
金腰燕 *Hirundo daurica*	0.686 + 0.053(0.5*A*) − 0.008(1.0*A*) − 0.127(*NS*) − 0.161(*GD*)	11**
画眉 *Garrulax canorus*	−0.203 + 0.179(ln*A*) − 0.008(1.0*A*) + 0.017(0.5*A*) − 0.009(%*L*) + 0.09(*SD*)	14*

** $P \leq 0.01$, * $P \leq 0.05$; 1. 阔叶林、2. 针叶林、3. 针阔混交林、4. 浓密灌丛、5. 稀疏灌丛、6. 矮树林、7. 中树林、8. 高树林、9. 苗圃、10. 菜地、11. 低洼湿地、12. 水塘或河流、13. 建筑、14. 山林，其中1、5、6、7、13微栖息地类型与物种分布无显著相关。

1. Broad-leaf forest, 2. Coniferous-leaf forest, 3. Broad-coniferous-leaf mixed forest, 4. Dense shrub, 5. Sparse shrub, 6. Short forest, 7. Middle forest, 8. High forest, 9. Nursery, 10. Vegetable field, 11. Low marsh, 12. Pond or stream, 13. Building, 14. Hill forest, and 1, 5, 6, 7 and 13 microhabitat types show no significant correlation with any species distribution.

偏爱灌丛密度较大的园林，黑鹎较多地出现在草本密度较高的园林，而金腰燕则较多地出现在草本密度较低的园林。与微栖息地丰富度存在显著回归关系的鸟类较多，微栖息地丰富度的提高有利于燕

雀、鹊鸲、发冠卷尾、黄腰柳莺和八哥的分布。行道树带的存在加大了栖息地岛屿与外界林地的连通性，它与白眉鸫、极北柳莺、红嘴蓝鹊、白腹鸫、黄腹山雀、黄眉鸫、黄喉鹀、短翅树莺、白眉姬鹟、夜鹭等的种群密度具有显著的正相关性，而与棕背伯劳、喜鹊、八哥、金腰燕的种群密度具有显著的负相关性。0.5 km 内的林地有利于树鹨、棕背伯劳、喜鹊、小鹀、金腰燕、画眉等的分布，1 km 内的林地面积的增加则对提高红嘴蓝鹊、斑啄木鸟、虎斑地鸫、银喉长尾山雀、八哥的密度影响较为明显，而与棕背伯劳、喜鹊、小鹀、短翅树莺、棕褐短翅莺、金腰燕、画眉的数量分布呈负相关性。园林周围的用地情况对物种数影响不大，但对具体鸟类的影响较为明显。特别是周长与旷野相接的比例对园林中很多鸟类的分布有显著的影响，这些鸟类多数属于农田旷野鸟类，它们是树鹨、棕背伯劳、灰头鹀、黄喉鹀、田鹀和灰鹡鸰等。园林周围的建筑比例的增加则对鹊鸲、八哥、喜鹊等的分布有利，周围水域的比例的增加对白眉姬鹟和八哥的分布有利。而人的干扰对八哥的影响比较明显。有一部分鸟类与所选的变量之间不存在显著的回归关系，如：麻雀、白头鹎、大山雀、白鹡鸰、乌鸫、珠颈斑鸠、红胁蓝尾鸲、斑鸫、黄眉柳莺、红头长尾山雀、棕头鸦雀等，它们基本上属于园林中的常见鸟类，广泛分布于杭州市的园林中。

3 讨 论

鸟类与栖息地变量的回归分析显示，不同的鸟类受不同栖息地变量的影响，同一变量对于不同鸟类的分布影响也不相同。多数变量对部分鸟类有利、而对另一部分鸟类不利。鸟类物种与微栖息地类型的关系同样显示，不同的鸟类与不同的微栖息地类型密切相关。不同的园林因其结构差异而拥有不同的鸟类组成，结构相近的园林其鸟类群落的组成也趋于相似，这或许已经说明了城市鸟类对园林选择性分布的原因。

Diamond(1975)从种群水平分析群落组成格局时，提出了著名的关联函数(incidence functioins)，即将不同的岛屿按物种数划分成几个等级，x 轴为岛屿的物种数等级，y 轴为在不同的物种数等级中某物种出现的概率。在后来的文章中，Diamond(1982，1984)将物种数等级换成岛屿的面积等级。物种的关联函数实际上反映了该物种在不同面积的岛屿中的分布概率，曲线的形状差异反应了物种分布的不同策略，其特征被认为是该物种生态分布的"指纹"。多数物种的关联函数曲线呈现出一边倒的倾向：或倒向右边，即物种分布的概率基本上随面积的增大而增大，此时曲线呈高"S"形，因而该物种被称为"高 S 物种"，它更多地分布在大面积的物种较为丰富的岛屿中；或倒向左边，即物种分布的概率基本上随面积的减少而减少，这类物种和"高 S 物种"相反，主要分布在面积较小物种较为贫乏的岛屿中，这类物种被称为"漂泊者(supertramp)"。关联函数有多种变形，表 3 即是其中的一种。表 3 所反映的是物种的分布密度和园林面积等级的函数关系。平均密度与面积(lnA)的相关系数同样反映了鸟类在不同面积园林中的分布策略。Diamond(1975)把关联函数的成因归结为物种竞争能力的差异："高 S 物种"在大岛屿的竞争中获胜，从而使得"漂泊者"向小岛屿转移。Wiens(1989)对此有不同的解释，他认为：关联函数可能仅仅反映了栖息地类型在不同岛屿中的分布，"高 S 物种"可能只是适应于某些特定栖息地类型的狭布种，这些特定的栖息地类型只存在于大岛屿中。一般来说，大岛屿具有更高的栖息地多样性，具有某些小岛屿不具有的特定栖息地类型(如内陆水域、沼泽、高山等)和栖息地结构(如大面积、距边界远等)，随着面积的缩小，这些特定的栖息地类型和结构随之逐渐丧失，与此相关的一些物种也随之丧失。关联函数在保护生物学中有一定的指导意义，它反映了物种分布的最小面积。Schoener & Schoener(1983a，b)将 Diamond(1975)的关联函数的含义进行了延伸，发现物种的分布和多种栖息地参数存在类似的关系。这说明物种的出现并不直接决定于单一的参数，而是多种因素综合作用的结果。在杭州市园林鸟类分布的影响因子分析中也可以看到，鸟类的分布不仅与园林的面积有关，还与栖息地的多种结构密切相关。

杭州市园林丰富，类型多样，园林间内外结构上的异质性导致了鸟类组成的差异。一般说来，小园林结构单一，加上多数位于市区，人为干扰的压力较大，可为鸟类提供的资源有限，鸟类不论在种类和数量上都比较少。大园林往往结构复杂，资源丰富，所拥有的鸟类种类和个体数量也比较多。然而园林面积并不是确定鸟类分布的绝对指标，资源拥有量才是影响鸟类群落构成的实质因素。在杭州市的园林中，那些特殊的微栖息地类型，如湿地、

动 物 学 研 究 2002, Feb. 23 (1): 38~43
Zoological Research

CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853

天仙果与两种隐头花序小蜂的相互关系

陈 勇[1]，李宏庆[2]，马炜梁[2]

（1. 宁德师范高等专科学校 生物系，福建 宁德 352100；2. 华东师范大学 生物系，上海 200062）

摘要：天仙果（*Ficus erecta* var. *beecheyana*）花为单性花，雌、雄异株，分别形成雌、雄花序，雌花序着生雌花，雄花序着生雄花和瘿花。花序中生活着银纹榕小蜂（*Blastophaga silverstriana*）和榕长尾小蜂（*Sycoscapter* sp.）。前者是唯一能进入雄花序腔产卵或雌花序腔传粉的昆虫，是天仙果专一性共生的传粉者；后者不能进入花序，在花序外通过产卵器将卵产在瘿花子房中，是植食性的寄生者。自然状态下天仙果每个雄花序均被2种小蜂产卵，平均每个花序出飞银纹榕小蜂208.2只、榕长尾小蜂64.2只。人为封堵花序口，银纹榕小蜂无法进入花序产卵，平均每个花序出飞榕长尾小蜂165.6只，是自然状态下的2.5倍，显然，2种小蜂互为竞争对手，榕长尾小蜂是榕－榕小蜂共生体系的破坏者。

关键词：银纹榕小蜂；榕长尾小蜂；天仙果；共生体系

中图分类号：Q969.545.5；Q958.122.3；S433 **文献标识码**：A **文章编号**：0254-5853(2002)01-0038-06

收稿日期：2001-05-31；接受日期：2001-08-16
基金项目：国家自然科学基金资助项目（39670134）

（上接第37页）

山林、浓密灌丛等，多数出现在大园林中；但有时也出现在一些中小园林中，有些甚至仅出现在中小园林中，它们满足了一些对栖息地有特殊要求的鸟类的需要。可以说，栖息地结构在园林间分布的不均匀性、或者说异质性，以及鸟类物种与栖息地结构的密切关系才是鸟类选择性分布的主要原因。这一结论也提醒我们，在城市生态建设和自然保护中，应注意营造多样的环境，特别要重视那些特殊的栖息地和微栖息地的保护，它们对于维持本地区鸟类甚至生物的多样性具有重要的意义。

参考文献：

Bellamy P E, Hinsley S A, Newton I. 1996. Factors influencing bird species numbers in small woods in south-east England[J]. *Journal of Applied Ecology*, **33**: 249-262.

Cicero C. 1989. Avian community structure in a large urban park: controls of local richness and diversity[J]. *Landscape & Urban Planning*, **17**: 221-240.

Diamond J M. 1975. Assembly of species communities[A]. In: Cody M L, Diamond J M. Ecology and Evolution of Communities[M]. Massachusetts: Harvard University Press. 342-444.

Diamond J M. 1982. Effect of species pool size on species occurrence frequencies: musical chairs on islands[J]. *Pro. National Academy of Sciences, USA*, **79**: 2420-2424.

Diamond J M. 1984. Distributions of New Zealand birds on real and virtual islands[J]. *New Zealand Journal of Ecology*, **7**: 37-55.

Gavareski C A. 1976. Relation of park size and vegetation to urban bird populations in Seattle, Washington[J]. *The Condor*, **78**: 375-382.

Goode D. 1986. Wild in London [M]. London: Michael Joseph.

Nicholson E M. 1951. Birds and Men[M]. London: Collins.

Schoener T W, Schoener A. 1983a. Distribution of vertebrates on some very small islands: Ⅰ. Occurrence sequences of individual species [J]. *Journal of Animal Ecology*, **52**: 209-235.

Schoener T W, Schoener A. 1983b. Distribution of vertebrates on some very small islands: Ⅱ. Patterns in species number[J]. *Journal of Animal Ecology*, **52**: 237-262.

Simms E. 1975. Birds of Town and Suburb[M]. London: Collins.

Sisk T D N, Haddad N M, Ehrlich P R. 1997. Bird assemblages in patchy woodlands: modeling the effects of edge and matrix habitats[J]. *Ecological Applications*, **7**(4): 1170-1180.

Wiens J A. 1989. The Ecology of Bird Communities (Volume 1)[M]. Cambridge: Cambridge University Press.

Yang L L. 1995. Greenbelt Plan of Urban Park[M]. Beijing: Chinese Forestry Publishing House. [杨赉丽. 1995. 城市园林绿地规划. 北京：中国林业出版社]